

Método de Yarborough – Hall (Cálculo de Z)

Introducción

Las relaciones de cartas dadas por Standing – Katz para sistemas de condensado de gas y gas, pueden ser descritas en una nueva ecuación.

Esta ecuación solo necesita ingresar los valores de presión y temperatura, acompañadas con las fracciones molares del gas, para poder encontrar el factor de desviación z.

Naturalmente, no se trata de una sola ecuación empírica, sino que es el resultado de los análisis hechos por **Yarborough – Hall**, de las cartas analizadas por Standing – Katz.

Lo que se quiso realizar es una método interactivo, para el cálculo de z, para lo cual se basaron en la ecuación de estado.

La facilidad de este método se debe a que los cálculos los realiza el computador, con lo cual, además de ser un método rápido, es también un método que determina el factor de desviación del gas con gran aproximación; debido a que realiza correcciones por la presencia de impurezas en el gas (ácido sulfhídrico, anhídrido carbónico) como los más importantes en cuanto a impurezas.

Determinación de z

La presente solución del factor z toma en cuenta parámetros que no se habían tomado en cuenta en algunos otros métodos gráficos, y lo presentamos así.

$$Z = p/\rho RT$$

$$Y = bp/4$$

$$z = \frac{1 + y + y^2 - y}{(1 - y)^3} - (14.76 - 9.76t^2 + 4.58t^3)y + (90.7t - 242.2t^2 + 42.4t^3)y^{(1.18+2.82t)}$$

$$bPc/RTc = 0.245 \exp [-1.2(1-t)^2]$$

Para resolver la ecuación 4 por b y sustituyendo dentro de 2, por ingresar la densidad, tenemos:

$$\rho = \frac{Pcy}{0.0615RTc \exp*[-1.2(1-t)^2]}$$

Sustituyendo esta expresión por la densidad dentro de la ecuación 1 da la expresión de z la cual depende de una densidad reducida dependiente de la temperatura.

$$z = \frac{0.0615RTc \exp*[-1.2(1-t)^2]}{y}$$

Sustituyendo la ecuación 6 dentro de la ecuación 3 produce un término con la presión reducida y una temperatura inversa a la reducida.

$$\frac{0.0615RTc \exp*[-1.2(1-t)^2]}{y} + \frac{1+y+y^2-y}{(1-y)^3} - (14.76 - 9.76t^2 + 4.58t^3)y + (90.7t - 242.2t^2 + 42.4t^3)y^{(1.18+2.82t)} = 0$$

La ecuación 7 se simplifica en el caso de multiplicar por y. Además la solución de la ecuación es más simple para resolver al igualar a F.

$$F = \frac{0.0615RTc \exp*[-1.2(1-t)^2]}{y} + \frac{1+y+y^2-y^3}{(1-y)^3} - (14.76 - 9.76t^2 + 4.58t^3)y + (90.7t - 242.2t^2 + 42.4t^3)y^{(1.18+2.82t)} = 0$$

Esta ecuación es no lineal y debe ser resuelta por ensayo y error. Para ello vamos a utilizar el método de Newton Raphson, que es muy simple. El cual consiste en asumir un valor inicial de $y^{(0)}$, evaluamos este valor en la ecuación 8, con lo cual podemos aproximar por una serie de Taylor a los siguiente.

$$0 = F \approx F^{(0)} + \frac{dF^{(0)}}{dy}(y - y^{(0)})$$

resolviendo la ecuación, obtenemos un nuevo valor el cual debemos reevaluar en F hasta que sea un número muy pequeño.

$$y = y^{(0)} - \frac{F^{(0)}}{\frac{dF^{(0)}}{dy}}$$

La derivada obtenida es.

$$\frac{dF}{dy} = \frac{1+4y+4y^2-4y^3+y^4}{(1-y)^4} - (29.75t - 19.52t^2 + 9.16t^3)y + (2.18 + 2.82t)(90.7t - 242.2t^2 + 42.4t^3)y^{(1.18+2.82t)} = 0$$

Estas ecuaciones pueden ser resueltas utilizando el método de ensayo y error antes mencionado. Cuando la diferencia entre dos valores contiguos de y es muy pequeña, entonces el valor de y es reemplazado en la ecuación 3 o 6 antes mencionada, y se tiene el valor del factor de desviación del gas.

Presentación del programa

Vamos a utilizar un programa realizado en Visual Basic, el cual nos ayuda a calcular el valor de z con el método antes mencionado. Lo presentamos a continuación.



The screenshot shows the calculation interface of the 'Método de Yarborough - Hall' program. The window title is 'Método de Yarborough - Hall'. The main text reads 'Cálculo del factor de desviación del gas (Z)'. Below this is a table of gas components with their molar fractions and input fields for pressure, temperature, and gas density. The calculated value of Z is also shown.

	Fracción molar		
Acido sulfhídrico	<input type="text" value="0"/>	Presión	<input type="text" value="4298"/>
Nitrógeno	<input type="text" value="0,3343"/>	Temperatura	<input type="text" value="732"/>
Metano	<input type="text" value="0,3095"/>	Densidad del gas	<input type="text" value="1,2727"/>
Dióxido de carbono	<input type="text" value="0,0317"/>	Valor de Z	<input type="text" value="0,9696"/>
Etano	<input type="text" value="0,0673"/>		
Propano	<input type="text" value="0,0551"/>		
i-butano	<input type="text" value="0,0223"/>		
n-butano	<input type="text" value="0,0281"/>		
i-pentano	<input type="text" value="0,0208"/>		
n-pentano	<input type="text" value="0,0175"/>		
Hexano	<input type="text" value="0,0262"/>		
Heptano	<input type="text" value="0,0872"/>		

Calcular Z

Como vemos es un programa bastante práctico para calcular z , debido a que únicamente es necesario ingresar los datos de los componentes del gas, la presión y temperatura en el yacimiento.